



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 32 576 A 1**

⑤① Int. Cl. 7:
H 02 K 16/00
H 02 K 19/00

②① Aktenzeichen: 198 32 576.2
②② Anmeldetag: 20. 7. 1998
④③ Offenlegungstag: 27. 1. 2000

DE 198 32 576 A 1

⑦① Anmelder:
Eckert, Frank, 07356 Unterlemnitz, DE

⑦④ Vertreter:
Meissner, Bolte & Partner, 80538 München

⑥① Zusatz zu: 197 31 930.0

⑦② Erfinder:
Eckert, Franz, 07356 Unterlemnitz, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Elektrodynamische Maschine, nämlich bürstenloser Synchrongenerator und/oder -motor

⑤⑦ Die Erfindung betrifft eine elektrodynamische Maschine, nämlich einen bürstenlosen Synchrongenerator und/oder -motor mit zueinander ausgerichteten Läufer- und Ständerwicklungen jeweils beliebiger Polpaarzahl, welche auf der Maschinenachse angeordnet sind. Durch eine spezielle Anordnung der Ständerwicklungen rotieren oder stehen die erzeugten Magnetfelder idealerweise über der gleichen Achse im gleichen Raum, besitzen jedoch unterschiedliche Polzahl. Im Läufer wird durch Induktion und elektrische Verschaltung der Läuferwicklungen oder Stäbe dafür Sorge getragen, daß zwei zwangsweise gegenseitig zueinander über der gleichen Achse mit gleichem Raum rotierende Magnetfelder unterschiedlicher Polzahl entstehen. Sowohl Ständer als auch Läuferkörper werden gemeinsam von zwei Maschinensystemen genutzt, wobei die beiden Systeme sich idealerweise nur über die vorgesehene elektrische Verbindung zwischen den Stabgruppen oder Wicklungen des Läufers und die mechanische Verbindung beeinflussen.

DE 198 32 576 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine elektrodynamische Maschine, nämlich bürstenlosen Synchrongenerator und/oder -motor mit zueinander ausgerichteten Läufer- und Ständerwicklungen jeweils beliebiger Polpaarzahl, welche auf der Maschinenachse angeordnet sind, wobei die elektrisch und mechanisch verbundenen Läufer Drehfeldwicklungen aufweisen, welche in bezug auf den Läufer gegensinnig rotierende Felder erzeugen.

Aus der europäischen Patentanmeldung EP 0 311 717 A1 ist ein Synchrongenerator bekannt, welcher zwei beabstandete Státoren aufweist. Die Státoren umschließen zwei auf einer Achse beabstandet angeordnete Läufer, die elektrische Wicklungen aufweisen.

Die Wicklungen der Läufer sind über Kreuz miteinander elektrisch verbunden. Die Statorwicklungen sind parallel geschaltet und werden mit einer konstanten Frequenz beaufschlagt.

Beim Betreiben des bekannten Synchrongenerators mit konstanter Frequenz bzw. jeweils gleicher Feldfrequenz in den Wicklungen oder Státoren führt jedoch zu einer unbefriedigenden Arbeitsweise mit extrem schlechtem Wirkungsgrad. Letztendlich entstehen störende Oberwellen, die für die Anwendung des Synchrongenerators ebenfalls von Nachteil sind.

Eine vorgeschlagene frequenzseitige Trennung beim Beaufschlagen der Statorwicklungen mit Wechselspannung dient lediglich der Justage durch gegenseitiges Verdrehen der Wicklungen der Státoren im Falle einer unerwünschten Phasenverschiebung.

Ausgehend von dem kurz umrissenen bekannten Stand der Technik wurde mit der Patentanmeldung 197 31 930.0 eine derartige elektrodynamische Maschine so weitergebildet, daß diese sowohl als Synchrongenerator und/oder -motor bzw. als Lichtmaschine eingesetzt werden kann, wobei eine kostengünstige mechanische und elektrische Konstruktion anzugeben ist, die darüber hinaus einen hohen Wirkungsgrad unter allen Betriebsarten gewährleistet.

Der Grundgedanke der obengenannten Anmeldung liegt nun darin, von einer Maschine auszugehen, die zueinander ausgerichtete Läufer- und Ständerwicklungspaare aufweist, die längs einer gemeinsamen Maschinenachse angeordnet sind. Die Läufer weisen elektrisch und mechanisch verbundene Drehfeldwicklungen auf, die durch eine drehfeldumkehrende leitende Verbindung bzw. entsprechende Verdrahtung in der Lage sind, gegensinnig rotierende Felder zu erzeugen.

Erfindungsgemäß wird beim Motorbetrieb der Maschine eine Erregung der Ständerwicklungen der Wicklungspaare jeweils mit einer Wechselspannung unterschiedlicher Frequenz vorgenommen, wobei sich in Abhängigkeit von der Differenzfrequenz ein freies, abgreifbares Drehmoment an den verbundenen Läufern bzw. der Läuferachse einstellt.

Beim Betrieb der Maschine als Generator wirkt ein äußeres Drehmoment in Drehrichtung an den verbundenen Läufern bzw. der Maschinenläuferachse, welches in einem nicht fremderregten Teil des Ständers eine abgreifbare Spannung mit einer Frequenz erzeugt, die sich aus der Läuferdrehzahl, der Erregerfrequenz des erregenden Ständers bzw. Stators und der jeweiligen Polpaarzahl ergibt.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung besteht die Möglichkeit des kombinierten Betriebes als Synchrongenerator und -motor der elektrischen Maschine dergestalt, daß z. B. ein Verbrennungsmotor dadurch angelassen wird, daß die Maschine über variable Frequenzen, die an die Ständerwicklungen angelegt werden, sich durch die induzierten Spannungen und Ströme im Läufer in Drehung

versetzt. In dem Moment, bei dem der Verbrennungsmotor seine Betriebsdrehzahl erreicht, kann über die mechanische Verbindung zwischen der Abtriebsseite des Verbrennungsmotors und der Maschinenachse ein Drehmoment auf die Läufer einwirken, wobei dann die Maschine als Generator wirkt und ins Netz einspeist, respektive elektrische Energie erzeugt. Durch Erhöhen oder Verringern der variablen Frequenzen kann bei angenommenem konstanten Motordrehmoment, was jedoch keine Bedingung ist, eine Veränderung der Generatordrehzahl und dadurch eine Leistungsregelung erreicht werden.

Gemäß einem weiteren Grundgedanken kann der Ständer eines ersten der Wicklungspaare mit einer Gleichspannung beaufschlagt werden. An den verbundenen Läufern bzw. der Maschinen- oder Läuferachse wirkt in diesem Falle ein äußeres Drehmoment ein derart, daß sich am Ständer eines zweiten der Wicklungspaare eine induzierte Wechselspannung einstellt, so daß sich die Funktion einer Lichtmaschine ergibt.

Durch zeitweises Kurzschließen der Wicklungen eines Ständers kann die Maschine zum Anlaufen in den Asynchronbetrieb gezwungen werden. Das ansonsten für den Betrieb einer Synchronmaschine notwendige mechanische Einwirken einer Mindestdrehzahl bzw. eines Mindestdrehmoments auf die Maschinenachse kann daher entfallen.

Die auf der gemeinsamen Maschinenachse angeordneten Läufer bestehen bei einer bevorzugten Ausführungsform aus jeweils mindestens drei Stableitern, die einen Käfigläufer bilden. Die Stableiter sind am außenseitigen Ende kurzgeschlossen und an den zueinanderweisenden Enden drehfeldumkehrend verbunden.

Vorzugsweise sind die Stableiter des Läufers eines ersten der Wicklungspaare in einem Verbindungsabschnitt im wesentlichen parallel in den Käfig der Stableiter des Läufers eines zweiten der Wicklungspaare hineinerstreckend ausgebildet und dort derart gegeneinander in Rotationsrichtung winkelperschoben, daß korrespondierende Stableiterenden bei gleichzeitiger elektrischer Isolation nichtkorrespondierender Abschnitte mittels einfacher Brücken oder dergleichen verbunden werden können. Zum Betreiben der elektrischen Maschine als Motor können die Ständerwicklungen sowohl mit je konstanter und variabler Frequenz als auch mit zwei jeweils für sich variablen Frequenzen betrieben werden, wobei erfindungswesentlich der Grundsatz ist, daß für den Erhalt eines entsprechenden Drehmomentes bzw. das Einstellen einer gewünschten Drehzahl unterschiedliche Feldfrequenzen erforderlich sind. Auch eine Erregerfrequenz von $f = 0$, d. h. das Anlegen von Gleichspannung an eine Ständerwicklung ist denkbar.

Die Ständerwicklungen haben stets relativ zueinander unterschiedliche Feldfrequenzen bei gleicher Polpaarzahl und bei unterschiedlicher mechanischer Drehzahl auch unterschiedliche generierte Frequenzen.

Um eine konstante Ausgangsfrequenz im Generatorbetrieb zu erhalten, wird bei variabler Läuferfrequenz das Ständer-Erregerfeld entsprechend verändert oder bei konstanter Erregerfrequenz ergibt sich mit der Läuferdrehzahl eine Veränderung der Frequenz in der zweiten Ständerwicklung. Motor- und Generatorfunktionen der elektrodynamischen Maschine zeichnen sich dadurch aus, daß in beiden Fällen an den jeweiligen Ständerwicklungen unterschiedliche Magnetfeldfrequenzen zu verzeichnen sind und sich der Läufer in Abhängigkeit von der resultierenden Differenzfrequenz dreht.

Beim Betriebsfall Lichtmaschine werden, wie dargelegt, die Wicklungen eines Statorteils mit einer Gleichspannung beaufschlagt. Diese induziert in den Wicklungen des entsprechenden Läuferteils bei mechanischer Drehung eine re-

sultierende Spannung. Diese erzeugt über dem andern Läufer teil ein in Drehrichtung rotierendes Magnetfeld, welches im dazugehörigen Stator eine Wechselspannung induziert. Durch die Frequenzerhöhung kann eine entsprechend höhere Leistung entnommen werden. Die Wicklung des Stator teiles kann auch als einfache Gleichstromwicklung zur Erzeugung eines stehenden Erregerfeldes ausgebildet sein.

Die Fertigungskosten der elektrodynamischen Maschine können durch die vorgeschlagene Ausbildung von Käfigläufern bereits erheblich reduziert werden, wobei die Läufer teile vorgefertigte Guß- oder Spritzteile sein können, die entsprechend mechanisch und elektrisch verbunden sind. Die Anzahl der Stäbeler im jeweiligen Käfigläufer muß 3 sein. Mit Vergrößerung der Anzahl der Stäbe läßt sich der Schwingungsverlauf der induzierten Frequenz in Richtung Sinusform verändern.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den Synchrongenerator der oben beschriebenen Art derart weiterzubilden, daß die Bauform im Sinne einer Bauraumreduzierung, insbesondere Reduzierung der Baulänge, verändert werden kann, und wobei die zur Drehfeldumkehr notwendige elektrische Verbindung zwischen den Läufer teilen vereinfacht werden soll.

Weiterhin ist es Aufgabe der Erfindung, bei Systemen mit doppelten Ständer- und Läufer systemen die getrennten Maschinen so zu vereinen, daß eine Wechselwirkung oder Beeinflussung nur über die elektrische Verbindung mit Drehfeldumkehr im Läufer erfolgt, ansonsten jedoch keine elektrische oder magnetische Beeinflussung stattfindet.

Die Lösung der Aufgabe der Erfindung erfolgt mit einer elektrodynamischen Maschine gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 1, wobei die Unteransprüche mindestens zweckmäßige Ausgestaltungen und Weiterbildungen umfassen.

Gemäß dem Grundgedanken der Erfindung wird der Ständer der Maschine so ausgebildet, daß zwei Wicklungen beliebiger Phasenzahl mit jedoch unterschiedlicher Polzahl im gleichen Wickelkörper bzw. Blechpaket angeordnet werden. Die Wicklungen können hierbei für Drehstrom, Wechselstrom oder Gleichstrom ausgelegt sein.

Als Drehstromwicklung sind hier Wechselstromwicklungen zu verstehen, die in ihrem Zusammenwirken ein Drehfeld erzeugen können. Diese werden nachstehend als Drehstrom- bzw. Drehfeldwicklung bezeichnet. Die Wicklungen können in denselben Nuten liegen oder jedoch in unterschiedlichen Nuten der gleichen Bleche des Blechpakets eingebracht werden. Der Wickelkörper bzw. die Bleche sind mit dem Ständer verbunden, wie dies auch beim bekannten Stand der Technik der Fall ist.

Die Polpaarzahl der Ständerwicklungen unterscheidet sich derart, daß durch ein Drehfeld in der einen Wicklung keine Spannung in der zweiten Wicklung direkt induziert wird.

Der Läufer entspricht in seiner Grundkonstruktion derjenigen von bekannten asynchronischen Maschinen. So enthält der Läufer zwei Drehstromwicklungen mit unterschiedlicher Polzahl ähnlich ausgebildet wie beim Ständer, welche in Drehrichtungsumkehr verschalten sind und wo die Wicklungen sich in gleichen oder unterschiedlichen Nuten des gleichen Wickelkörpers befinden. Der Läufer kann jedoch auch Stäbe in Form leitender Metallprofile aufweisen. Diese Ausführungsform wird bei der Erfindung bevorzugt.

Im Unterschied zum Bekannten wird dann eine spezielle Verschaltung der Stäbe vorgenommen.

Hierbei werden als Stabgruppe die Stäbe bezeichnet, die durch ihre Verschaltung einem Drehfeld einer bestimmten Polzahl zugeordnet werden. Ein Stabbündel bilden die Stäbe einer Stabgruppe, die den gleichen Winkel zu einem darüber

befindlichen Magnetpol eines Drehfeldes der gleichen Polzahl wie die Stabgruppe besitzen. Bei einer zweipoligen Stabgruppe gehören demnach zwei Stäbe zu einem Bündel.

Der Läufer besitzt bei einer bevorzugten Ausführungsform zwei Stabgruppen. Die Stäbe der Gruppen sind rotationssymmetrisch zur Drehachse des Läufers angeordnet und rotieren im gleichen Raum. Dabei ergibt sich eine ebenfalls rotationssymmetrische Anordnung der Stäbe der verschiedenen Stabgruppen.

Ein Teil der Stäbe wird einer ersten Ständerwicklung und ein weiterer Teil einer zweiten Ständerwicklung zugeordnet, wobei die Zuordnung durch eine entsprechende elektrische Verschaltung der Stabbündel erfolgt.

Diese Verschaltung wird nun so realisiert, daß nur ein rotierendes Magnetfeld über den Stäben mit der zur Stabgruppe gehörenden Polzahl eine resultierende Spannung im Stabbündel erzeugt.

Die durch das weitere Magnetfeld mit anderer Polzahl in den Stäben induzierten Spannungen heben sich durch die Verschaltung der Stabbündel auf.

Ein Stabbündel einer Stabgruppe wird leitend mit vorzugsweise jeweils einem Stabbündel der anderen Stabgruppe zu einer Leiterschleife verbunden. Durch diese Verbindung wird die gewünschte gegensinnige Rotation der Magnetfelder über dem Läufer realisiert. Hierfür werden die Stabbündel einer Gruppe im Uhrzeigersinn jeweils nacheinander mit den Stabbündeln der anderen Gruppe entgegen des Uhrzeigersinns zu Leiterschleifen verbunden.

Ein über dem Läufer resultierendes Magnetfeld mit der zur Stabgruppe der ersten Ständerwicklung gehörenden Polzahl erzeugt demnach ein gegensinnig rotierendes Feld mit der Polzahl der zweiten Ständerwicklung. Die verschiedenen Leiterschleifen werden miteinander an geeigneter Stelle leitend verbunden.

Erfindungsgemäß rotieren oder stehen die Magnetfelder, welche durch die Ständerwicklungen erzeugt werden, über der gleichen Achse im gleichen Raum. Sie besitzen jedoch unterschiedliche Polzahlen. Im Läufer werden durch Induktion und elektrische Verschaltung der Läuferwicklungen oder Stäbe zwei zwangsweise gegensinnig zueinander über der gleichen Achse im gleichen Raum rotierende Magnetfelder unterschiedlicher Polzahl erzeugt.

Sowohl Ständer- als auch Läuferkörper werden gemeinsam von zwei Maschinensystemen genutzt, wobei sich diese Systeme idealerweise nur über die elektrische Verbindung zwischen den Stabgruppen oder Wicklungen des Läufers und die mechanische Kopplung beeinflussen.

Der Läufer ist vorzugsweise als Stabläufer ausgeführt, wobei wie dargelegt die Stäbe so miteinander leitend verbunden werden, daß ein rotierendes Magnetfeld über dem Läufer ein gegensinnig rotierendes Magnetfeld über der gleichen Achse im gleichen Raum, jedoch mit anderer Polzahl erzeugt. Die Läufer selbst besitzen Drehstromwicklungen unterschiedlicher Polzahl, die miteinander durch Drehrichtungsumkehr verbunden werden.

Die Erfindung soll nachstehend anhand eines Ausführungsbeispiels sowie unter Zuhilfenahme von Figuren näher erläutert werden.

Hierbei zeigen:

Fig. 1.1 und **1.2** einen Querschnitt bzw. einen Längsschnitt durch den prinzipiellen Aufbau einer 2/4-poligen Maschine mit axial ausgerichteten Magnetfeldern,

Fig. 2 einen prinzipiellen Aufbau einer Leiterschleife bei einer 2/4-poligen Maschine mit einer Darstellung im abgerollten Zustand, und

Fig. 3 bis **3.2** das Prinzip der Verschaltung der Stäbe zu Leiterschleifen bei einer 2/4-poligen Maschine.

Der prinzipielle Aufbau einer Maschine gemäß Ausfüh-

rungsbeispiel mit einem Ständerblechpaket 1, einem Blechpaket für den Läufer 2, einer vierpoligen Ständerwicklung 3 sowie einer zweipoligen Ständerwicklung 4 ist aus den Fig. 1.1 und 1.2 erkennbar. Hier ist mit dem Bezugszeichen 5 der Stab der vierpoligen Stabgruppe und mit dem Bezugszeichen 6 der Stab der zweipoligen Stabgruppe gekennzeichnet. Mit dem Bezugszeichen 7 ist die leitende Verbindung zwischen den Stäben versehen.

Gemäß Fig. 2 erfolgt die Verschaltung der Stäbe bzw. Stabgruppen so, daß nur ein rotierendes Magnetfeld über den Stäben mit der zur Stabgruppe gehörenden Polzahl eine resultierende Spannung im Stabbündel erzeugt.

Die durch das jeweils andere Magnetfeld mit anderer Polzahl in den Stäben induzierten Spannungen heben sich durch die entsprechende Verschaltung der Stabbündel gemäß Abwicklung nach Fig. 2 auf. Grundsätzlich wird ein Stabbündel einer Stabgruppe leitend mit vorzugsweise jeweils einem Stabbündel der anderen Stabgruppe zu einer Leiterschleife verbunden.

Unter Hinweis auf Fig. 3 wird durch die vorgeschlagene Verbindung die gewünschte gegensinnige Rotation der Magnetfelder über dem Läufer erzeugt.

Hierfür werden z. B. die Stabbündel einer Gruppe im Uhrzeigersinn jeweils nacheinander mit den Stabbündeln der anderen Gruppe entgegen des Uhrzeigersinns zu Leiterschleifen verbunden.

Folgende Verbindungen werden gemäß Ausführungsbeispiel realisiert:

Gruppe 1
0°, 180°
300°, 120°
240°, 60°

Gruppe 2
345°, 75°, 165°, 255°
15°, 105°, 195°, 285°
45°, 135°, 225°, 315°

Mit der vorgeschlagenen Lehre wird eine spezielle Bauform einer elektrischen Maschine aufgezeigt, die einen Läufer mit obligatorisch gegensinnig rotierenden Magnetfeldern besitzt und in deren Ständerwicklungen Ströme unterschiedlicher Frequenz fließen. Mit dem beschriebenen Gegenstand wird eine Maschine offenbart, die einen Läufer mit gegensinnig rotierenden Magnetfeldern benutzt, wobei der Aufbau wesentlich vereinfacht ist, so daß bis auf die Wicklungen und/oder Stäbe übliche Bauteile von asynchronen Maschinen Verwendung finden können, wodurch eine wesentliche Kostenreduktion die Folge ist.

Patentansprüche

1. Elektrodynamische Maschine, nämlich bürstenloser Synchrongenerator und/oder -motor mit zueinander ausgerichteten Läufer- und Ständerwicklungen jeweils beliebiger Polpaarzahl, welche auf der Maschinenachse angeordnet sind, und die Läufer elektrisch und mechanisch verbundene Drehfeldwicklungen aufweisen, welche gegensinnig rotierende Felder erzeugen, wobei beim Motorbetrieb der Maschine die Ständerwicklungen jeweils mit Wechselspannung unterschiedlicher Frequenz beaufschlagt sind und sich in Abhängigkeit von der Differenzfrequenz ein freies Drehmoment an den verbundenen Läufern einstellt; bei Generatorbetrieb der Maschine ein äußeres Drehmoment in Drehrichtung an den verbundenen Läufern

oder der Maschinenachse angreift, welches im nicht fremderregten Teil der Ständerwicklung eine abgreifbare Spannung mit einer Frequenz erzeugt, die von der Läuferdrehzahl, der Erregerfrequenz und der Polpaarzahl der Ständer- und der Erregerwicklungen abhängt, wobei die Läufer- und Ständerwicklungen ausgehend von der Maschinenachse radial übereinander oder koaxial angeordnet sind,

dadurch gekennzeichnet, daß

- der Ständer zwei Wicklungen beliebiger Phasenzahl mit unterschiedlicher Polzahl auf einem Wickelkörper aufweist, wobei die unterschiedliche Polpaarzahl der Wicklungen so gewählt ist, daß durch ein Drehfeld in der einen Wicklung die andere Wicklung im wesentlichen induktionsfrei bleibt,
- der Läufer zwei Wicklungen oder Stäbe unterschiedlicher Polzahl aufweist, welche in Drehrichtungsumkehr verschalten sind, wobei die Stäbe, die durch ihre Verschaltung einem Drehfeld einer bestimmten Polpaarzahl zugeordnet werden, eine Stabgruppe bilden und die Stäbe einer Stabgruppe ein Stabbündel darstellen, die den gleichen Winkel zu einem Magnetpol des Drehfeldes der gleichen Polzahl wie die Stabgruppe besitzen,
- der Läufer vorzugsweise zwei Stabgruppen aufweist, wobei die Stäbe der Stabgruppen rotationssymmetrisch um die Drehachse des Läufers angeordnet sind und im gleichen Raum rotieren,
- durch elektrische Verschaltung eine Stabgruppe der ersten Ständerwicklung und eine weitere Stabgruppe der zweiten Ständerwicklung so zugeordnet sind, daß ein rotierendes Magnetfeld über den Stäben mit der zur Stabgruppe gehörenden Polzahl eine resultierende Spannung im Stabbündel erzeugt und sich die übrigen induzierten Spannungen aufheben.

2. Elektrodynamische Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Stabbündel einer Stabgruppe leitend mit jeweils einem Stabbündel einer weiteren Stabgruppe zu einer Leiterschleife verbunden ist, so daß sich die gegensinnige Rotation der Magnetfelder über dem Läufer ergibt.

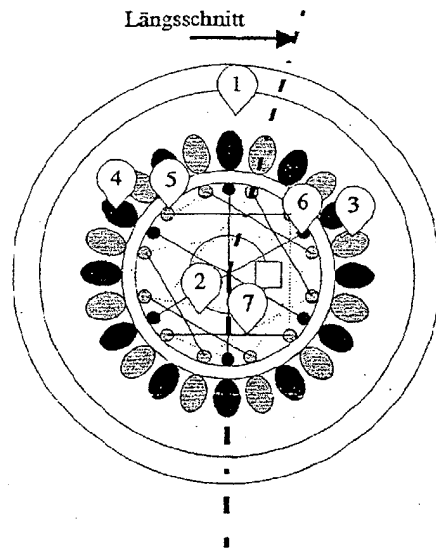
3. Elektrodynamische Maschine nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Stabbündel einer Gruppe im Uhrzeigersinn jeweils nacheinander mit den Stabbündeln der weiteren Gruppe entgegen des Uhrzeigersinns zu Leiterschleifen verbunden sind.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

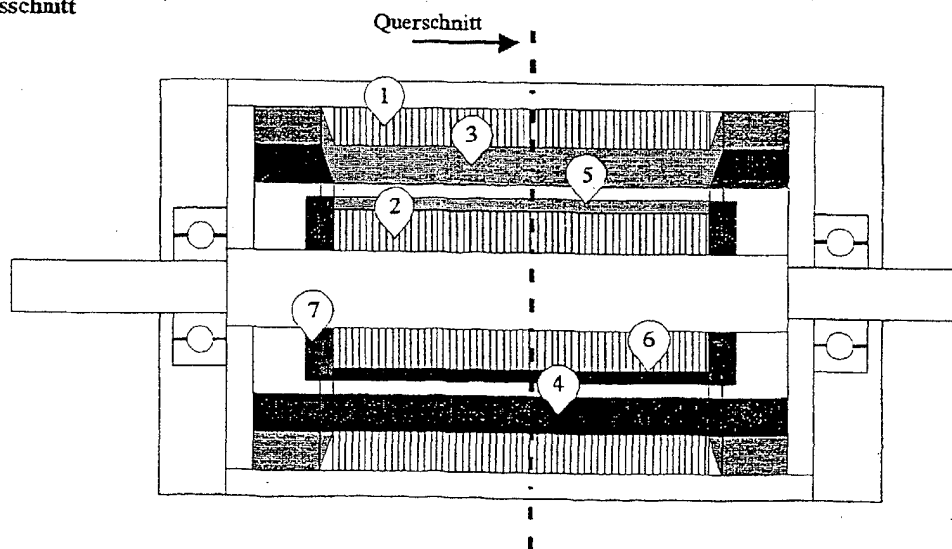
Fig 1) Prinzipieller Aufbau einer 2/4-poligen Maschine mit axial ausgerichteten Magnetfeldern

Fig 1.1) Querschnitt



- 1) Blechpaket Ständer
- 2) Blechpaket Läufer
- 3) Ständerwicklung 4-polig
- 4) Ständerwicklung 2-polig
- 5) Stab der 4-poligen Stabgruppe
- 6) Stab der 2-poligen Stabgruppe
- 7) Darstellung der leitenden Verbindung zwischen den Stäben im Längsschnitt zusammengefaßt im Querschnitt
- Verbindungen Seite 1 ———
- Verbindungen Seite 2 - - - - -

Fig 1.2) Längsschnitt



**Fig 2) Prinzipieller Aufbau einer Leiterschleife bei einer 2/4-poligen Maschine
Darstellung im abgerollten Zustand ($2 \cdot 360^\circ$)**

Die Magnetfelder der 2-poligen und der 4-poligen Ständerwicklung nehmen den gleichen Raum ein bzw. rotieren über der gleichen Achse (hier nur jeweils über einer Stabhälfte dargestellt)

Magnetfeld der 2-poligen Ständerwicklung

Magnetfeld der 4-poligen Ständerwicklung

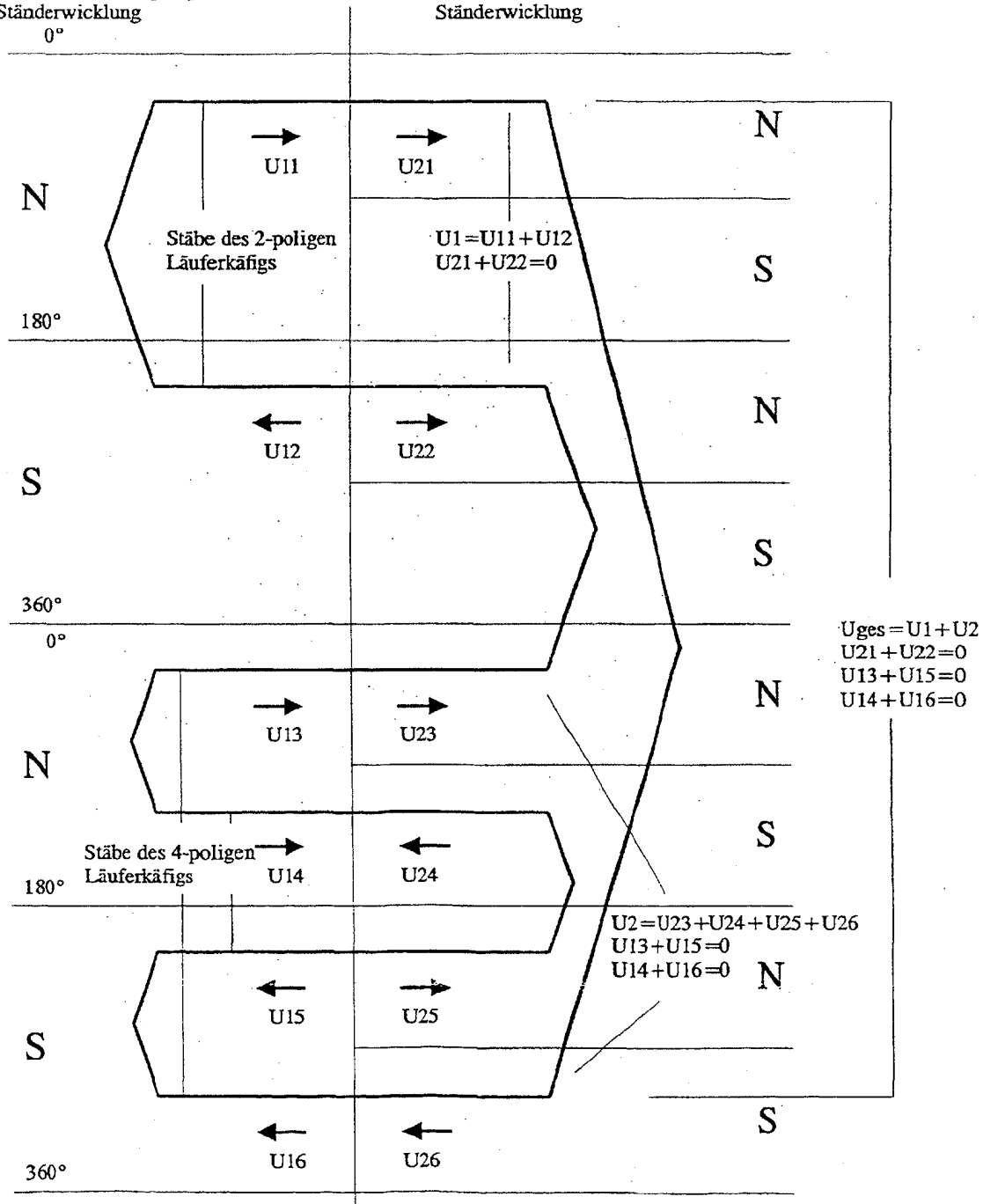


Fig 3) Prinzip der Verschaltung der Stäbe zu Leiterschleifen bei einer 2/4-poligen Maschine

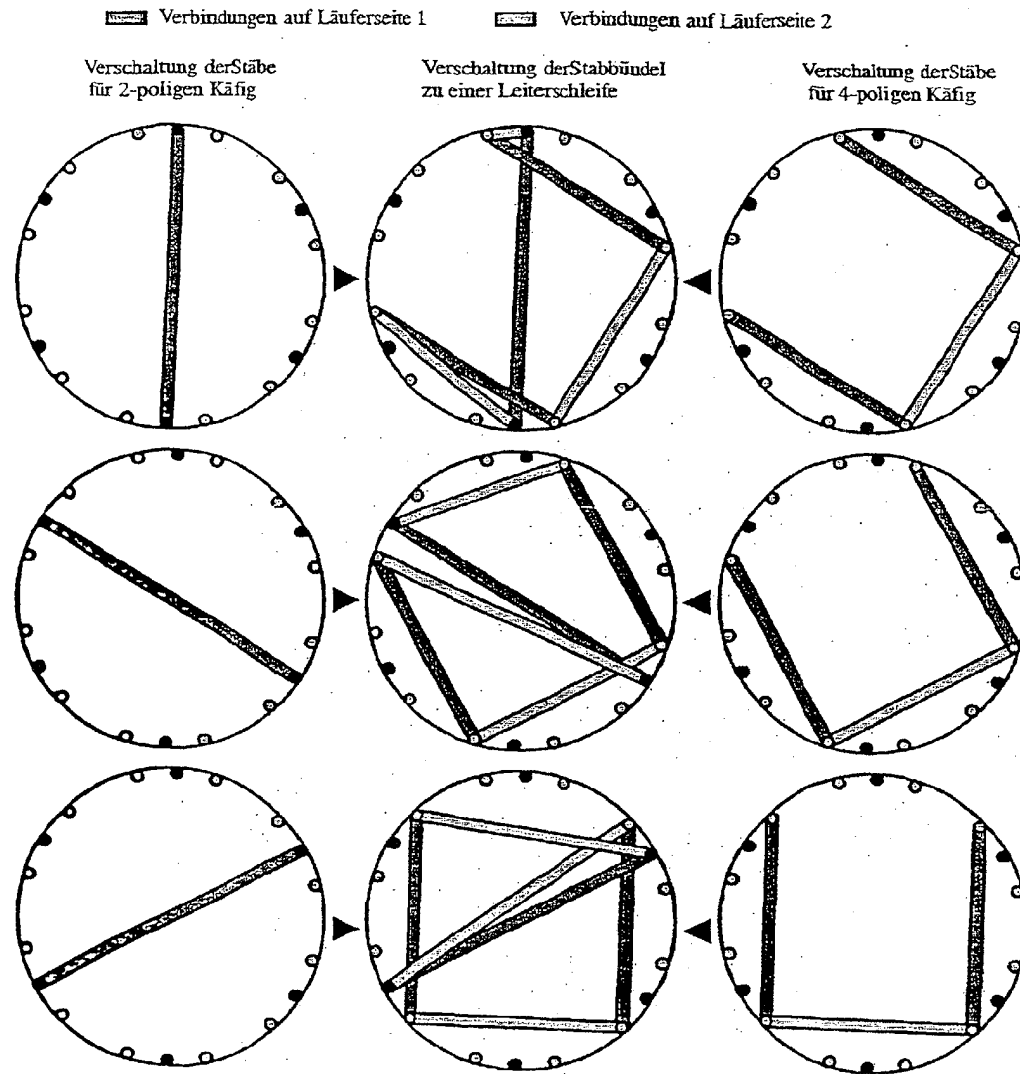


Fig 3.1)

Verbundene Stabbündel des
2-poligen Käfigs

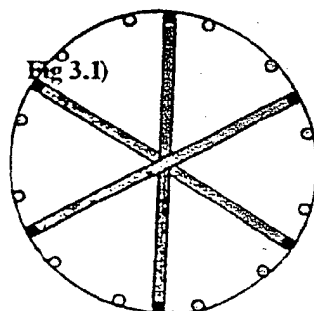


Fig 3.3)

Gesamtverschaltung der Läuferstäbe

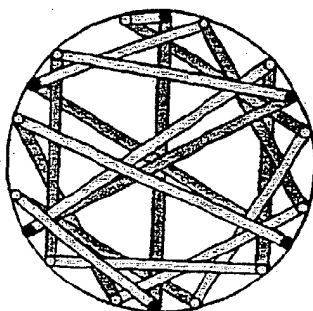


Fig 3.2)

Verbundene Stabbündel des
4-poligen Käfigs

